

Rec'd PCT/DE 18 JUL 2005
PCT/DE 03/02348
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 02 SEP 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 33 086.7

Anmeldetag:

19. Juli 2002

Anmelder/Inhaber:

Koenig & Bauer Aktiengesellschaft, Würzburg/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zur Verminderung von
Schwingungen an rotierenden Bauteilen sowie
schwingungsgedämpftes rotierendes Bauteil

IPC:

F 16 F, B 41 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Slack

BEST AVAILABLE COPY



3

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Verminderung von Schwingungen an rotierenden Bauteilen sowie schwingungsgedämpftes rotierendes Bauteil.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verminderung von Schwingungen an rotierenden Bauteilen sowie ein schwingungsgedämpftes rotierendes Bauteil gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, 8 bzw. 26.

Die EP 01 94 618 B1 offenbart eine Vorrichtung zur Verminderung von Schwingungen, welche durch das Überrollen eines auf der Mantelfläche befindlichen Kanal verursacht wird. Hierbei ist im Ein- und/oder Auslaufbereich des Kanals eine Überhöhung der Kreiskontur zur Beeinflussung des Kraftwechselverhaltens angeordnet.

In der WO 01 50 035 A1 wird ein Verfahren zur Kompensation von Schwingungen rotierender Bauteile offenbart, wobei ein Aktuator im Bereich einer Mantelfläche des rotierenden Bauteils angeordnet ist, und bei einer Aktivierung in Abhängigkeit von der Drehwinkellage des rotierenden Bauteils der Schwingung mit einer Kraftkomponente in axialer Richtung entgegenwirkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verminderung von Schwingungen an rotierenden Bauteilen sowie ein schwingungsgedämpftes rotierendes Bauteil zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1, 8 bzw. 26 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, dass eine Möglichkeit geschaffen wurde, Schwingungen wirksam und variabel zu vermindern. Die

Verminderung der Schwingung kann während der laufenden Produktion aktiv erfolgen und an Betriebsbedingungen angepaßt werden.

Insbesondere von Vorteil ist das Verfahren und die Vorrichtung an mindestens einem von zwei aufeinander abrollenden rotierenden Bauteilen, z. B. Zylindern oder Walzen, einsetzbar, wobei wenigstens eines der Bauteile in Umfangsrichtung gesehen auf seiner Mantelfläche zumindest eine Unterbrechung, z. B. einen Kanal, aufweist.

Durch die, insbesondere fernbetätigbare, Veränderbarkeit von Geometrie und/oder Lage der Überhöhung(en) auf der Mantelfläche ist zum einen über verschiedenste Betriebszustände wie z. B. Rotationsgeschwindigkeiten die Schwingung optimal vermindierbar. Auf der anderen Seite ist Geometrie und/oder Lage je Umdrehung bzw. eines Teils der Umdrehung veränder- bzw. modulierbar um beispielsweise bei Kontakt des Rotationskörpers mit mehreren Zylindern und/oder Walzen dem Überrollen der Unterbrechung an jeder der Nippstellen gerecht zu werden.

In einer vorteilhafter Ausführung ist ein fernbetätigbarer Aktuator als mit Druckmitteln beaufschlagbarer Aktuator, z. B. als hydraulische oder pneumatische Einheit, ausgeführt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipskizze zweier zusammen wirkender rotierender Bauteile;

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung einer Nippstelle gemäß Fig. 1;

Fig. 3 qualitative Verläufe einer Abhängigkeit einer Beschleunigung von der Zeit (A:

Schwingung ohne Ausbildung der Überhöhung; b: mit Ausbildung einer Überhöhung);

- Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel für die Vorrichtung zur Verminderung von Schwingungen;
- Fig. 5 ein erstes Ausführungsbeispiel für die Integration einer Klemmeinrichtung;
- Fig. 6 ein zweites Ausführungsbeispiel für die Integration einer Klemmeinrichtung;
- Fig. 7 ein drittes Ausführungsbeispiel für die Integration einer Klemmeinrichtung;
- Fig. 8 eine schematische Darstellung für das Verfahren zur Steuerung der Vorrichtung;
- Fig. 9 eine qualitative Darstellung eines Zusammenhangs zwischen einer Abrollgeschwindigkeit und der Höhe der Überhöhung bzw. dem Druck;
- Fig. 10 eine schematische Darstellung für das Verfahren zur Regelung der Vorrichtung;
- Fig. 11 eine qualitative Darstellung eines Zusammenhangs zwischen einer relativen Amplitude und der Höhe der Überhöhung bzw. dem Druck;
- Fig. 12 eine schematische Darstellung für das Verfahren zur Regelung der Vorrichtung mit vier jeweils paarweise zusammen wirkenden rotierenden Bauteilen.

Ein rotierendes Bauteil 01, z. B. ein Zylinder 01 oder eine Walze 01 einer Maschine, z. B. einer Bearbeitungsmaschine für bahnförmiges Material, insbesondere einer Rotationsdruckmaschine, wirkt in einer Anstallage AN mit einem zweiten rotierenden Bauteil 02, z. B. einem Zylinder 02 oder einer Walze 02, zusammen. Die beiden im

folgenden als Zylinder 01; 02 bezeichneten Bauteile 01; 02 rollen im Betrieb im Bereich ihrer wirksamen Mantelflächen 03; 04 aufeinander ab und sind in Anstellage AN mit einer z. B. vorgebbaren bzw. einstellbaren Kraft aneinander angestellt (Fig. 1).

Mindestens einer der Zylinder 01; 02, hier z. B. der als Übertragungszyylinder 01 ausgeführte Zylinder 01, weist im Bereich seiner wirksamen Mantelfläche 03 mindestens eine axial verlaufende Unterbrechung 06 von einer im unbelasteten Zustand ansonsten kreisförmigen Kontur auf. Die Unterbrechung 06 beruht beispielsweise auf einem Stoß von Enden eines oder mehrere auf dem Zylinder 01 angeordneter Aufzüge 07 bzw. darauf, dass Enden eines oder mehrerer Aufzüge 07 in einem im mantelflächennahen Bereich des Zylinders 01 axial verlaufenden Kanal 08 angeordnet sind. Eine Öffnung von der Mantelfläche des Zylinders 01 zum Kanal 08 ist in Umfangsrichtung möglichst klein gehalten und beträgt in vorteilhafter Ausführung maximal 3 mm. Der Kanal 08 kann sich zum Inneren hin aufweiten und eine Vorrichtung zum Klemmen und/oder Spannen aufweisen. Er kann jedoch auch als Schlitz 08 ausgeführt sein.

Die beiden Zylinder 01; 02 sind in Anstellage AN mit einer Kraft größer Null aneinander angestellt und erfahren bei Durchgang der Unterbrechung 06 durch die Nippstelle eine Entlastung sowie eine anschließende erneute Belastung. Hierdurch wird eine Schwingung des Zylinders 01; 02 bzw. der Zylinder 01; 02 angeregt, welche u. a. von den Anstellkräften, den Geometrien von Unterbrechung 06 und Zylinder 01; 02, den Materialeigenschaften und der Drehzahl bzw. einer Abrollgeschwindigkeit v abhängig ist. In Fig. 3, Kurve A, ist eine derartige Schwingung qualitativ dargestellt, wobei der schattierte Bereich den Durchgang der Unterbrechung 06 in der Nippstelle bezeichnet. Diese durch den Durchgang der Unterbrechung(en) 06 angeregte Schwingung ist gedämpft und an dieser Stelle nicht zu Verwechseln mit durch Unwucht am einzelnen Zylinder 01; 02 ggf. induzierten Schwingungen oder mit einer durch die Gravitation und/oder die Linienkraft verursachte Durchbiegung. Die Schwingung wird pro Umdrehung des Zylinders 01; 02 je Unterbrechung 06 in Umfangsrichtung einmal angeregt.

Zur Dämpfung der Schwingung weist mindesten einer der Zylinder 01; 02, hier z. B. der als Formzylinder 02 ausgeführte Zylinder 02, im Bereich seiner wirksamen Mantelfläche 04 mindestens eine axial verlaufende Überhöhung 09 von einer im unbelasteten Zustand ansonsten kreisförmigen Kontur auf. Diese Überhöhung 09 kann sich axial über eine Länge des wirksamen Ballens durchgehend oder aber auch auf einem oder mehreren Abschnitten in axialer Richtung erstrecken. Wie in Fig. 2 angedeutet, weist die Überhöhung 09 eine Höhe h_{09} (des Maximums) gegenüber der ungestörten Kontur und einen effektiven Abstand a_{09} (des Maximums) von der Unterbrechung 06 im Hinblick auf einen Abrollweg an den abgewickelten Zylindern 01; 02 auf.

Beim Durchgang der Überhöhung 09 für sich betrachtet wird an den aufeinander abrollenden Zylindern 01; 02 ebenfalls eine Schwingung induziert. Diese Gegenschwingung bewirkt je nach relativer Lage zum Durchgang der Unterbrechung 09, d. h. je nach abgewickeltem Abstand a_{09} (Phasenlage), und der Höhe h_{09} und/oder der Form der Überhöhung 09 eine Erhöhung oder Verminderung (im Idealfall Auslöschung) der durch den Durchgang der Unterbrechung 09 verursachten Schwingungsamplitude.

Höhe und Form der erzeugten Gegenschwingung sind z. T. abhängig von der Form der Überhöhung 09, und – bei bzgl. der Umfangsrichtung unsymmetrischer Form – abhängig von der Drehrichtung der aufeinander abrollenden Zylinder 01; 02. In Fig. 3 ist ein durch Überlagerung der Schwingung und Gegenschwingung entstehender Verlauf für die resultierende Schwingung B dargestellt, wobei die Anregung durch die Überhöhung 09 in Form einer Rampe (siehe unten) erzeugt wurde. Einer zunächst im Bereich des Durchgangs der Unterbrechung 09 feststellbaren Erhöhung in der Amplitude der Beschleunigung während der ersten Periode folgt bereits in der zweiten Periode eine deutliche Verminderung. Da es sich im Bereich der Unterbrechung 09 um einen nicht druckenden Bereich handelt, wirkt sich die kurzfristige Erhöhung der resultierenden Schwingung auf das Druckprodukt nicht negativ, die anschließende Verminderung jedoch

positiv aus.

Die Überhöhung 09 ist nun derart ausgeführt, dass deren Höhe h09 gegenüber der ungestörten Kontur, insbesondere auch während des Betriebes, d. h. während des Abrollens der Zylinder 01; 02, veränderbar ist. Zu diesem Zweck weist der Zylinder 02 Mittel 11 zur Veränderung der Höhe h09, z. B. ein Stellmittel 11, insbesondere einen fernbetätigbaren Aktuator 11, auf. In einer vorteilhafter Ausführung ist auch der Abstand a09 veränderbar ausgeführt.

Die Überhöhung 09 ist auf unterschiedliche Art und Weise technisch realisierbar. So können beispielsweise radial bewegbare, mit einer geeigneten Form versehene Finger kammartig in Ausnehmungen auf der Mantelfläche des Grundkörpers des Zylinders 01; 02 versenkt sein und über ein Stellmittel 11 durch lineare oder rotatorische Bewegung radial bewegbar sein. Auch ist eine Variante möglich, wobei ein Bereich der Mantelfläche in gewissen Grenzen elastisch verformbar oder elastisch federnd ausgeführt, und durch ein im Zylinderinneren angeordnetes Stellmittel 11, z. B. Nocken oder Exzenterwelle oder andere Aktuatoren, in radialer Richtung auslenkbar ist.

Auch der Aktuator 11 bzw. Aktuatoren 11 können auf unterschiedliche Weise, z. B. je nach Ausgestaltung der Überhöhung 09, ausgeführt sein. Er kann als Teil einer motorisch, hydraulisch bzw. pneumatisch angetriebenen Einheit, auf magnetische oder piezoelektrische Kräfte beruhenden Einheit ausgeführt sein.

In den folgenden Ausführungsbeispielen (Fig. 4 bis 12) ist die Vorrichtung und das Verfahren am Beispiel einer als Zunge/Lippe/Lasche 09 ausgeführten Überhöhung 09 dargestellt, welche im wesentlichen reversibel rückfedernd aus der Kontur der Mantelfläche 03; 04 heraus-biegbar ist. Der die Zunge/Lippe/Lasche 09 betätigende Aktuator 11 ist hier als Teil einer hydraulische wirksame Einheit ausgeführt.

In Fig. 4 weist der mit dem Übertragungszyylinder 01 zusammen wirkende Zylinder 02, hier der Formzylinder 02, die aufstellbare Zunge/Lippe/Lasche 09 auf. Die Zunge/Lippe/Lasche 09 wird in Gestalt eines einarmigen Hebels durch einen innerhalb der Mantelfläche 04 axial verlaufenden Kanal 12 und eine den Kanal 12 mit der Umgebung verbindenden Unterbrechung 13 der Mantelfläche, z. B. einen axialen Schnitt 13, gebildet. Die Zunge/Lippe/Lasche 09 ist durch die hydraulische Einheit aufstellbar, welche als Aktuator 11 einen mit Druckmittel beaufschlagbaren, reversibel verformbaren Hohlkörper 11 im axial im Zylinder 02 verlaufenden Kanal 12 aufweist. Der Hohlkörper 11 ist direkt unterhalb der Zunge/Lippe/Lasche 09 im Inneren des Zylinders 02 angeordnet und stützt sich in radialer Richtung nach innen zumindest bereichsweise an einer zylinderfesten Fläche 14 ab.

In Fig. 4 ist ebenfalls der effektive Abstand a_{09} zwischen der maximalen Überhöhung 09 (hier die Schnittkante) und der Unterbrechung 06, sowie eine effektive Schenkellänge l_{09} der Zunge/Lippe/Lasche 09 dargestellt. Die effektive Schenkellänge l_{09} stellt die Länge der Zunge/Lippe/Lasche 09 in Umfangsrichtung von der Schnittkante bis zu dem Punkt dar, an welchem die Zunge/Lippe/Lasche 09 in radialer Richtung gesehen durch den Kanal 12 „unterhöhlt“ ist. Die Zunge/Lippe/Lasche 09 reicht in vorteilhafter Ausführung über die gesamte Länge eines Ballens des Zylinders 02. In Fig. 4 ist die Zunge/Lippe/Lasche 09 in einer aktiven Stellung dargestellt, d. h. der Aktuator 11 ist wirksam.

Der als Hohlkörper 11 ausgeführte Aktuator 11 bezieht sein Fluid bzw. den Druck P z. B. über eine nicht dargestellte Drehdurchführung im Bereich eines nicht dargestellten Zapfens des Zylinders 03 von außerhalb.

Der Formzylinder 02 wirkt in Anstellage mit dem Übertragungszyylinder 01 zusammen, auf dessen Mantelfläche der Aufzug 07, z. B. ein Gummituch 07, gespannt ist. Enden 16; 17 des selben oder zweier verschiedener in Umfangsrichtung hintereinander angeordneter

Aufzüge 07 sind durch eine im Kanal 08 befindliche Klemm- und/oder Spannvorrichtung gehalten. Im Bereich, in welchem die Enden 16; 17 die Öffnung des Kanals 08 verlassen bildet sich die Unterbrechung 06 in der wirksamen Mantelfläche 03 aus.

Der Abstand a_{09} beträgt in vorteilhafter Ausführung einer Länge, welche einem Weg auf der Mantelfläche 03; 04 eines Sektors des Zylinders 01; 02 mit einem Öffnungswinkel von 1 bis 8°, insbesondere 3 bis 6°, entspricht.

In einer vorteilhaften Ausführung mit Zylindern 01; 02 einer Länge l_{01} ; l_{02} von 1350 bis 1550 mm und einem wirksamen Umfang U von 450 bis 700 mm, insbesondere 500 bis 600 mm, weist die Zunge/Lippe/Lasche 09 eine effektive Schenkellänge l_{09} von 10 bis 30 mm, insbesondere von 16 bis 21 mm, auf. Der Abstand a_{09} beträgt z. B. 1,25 bis 15 mm, insbesondere 4 mm bis 10 mm.

Das Verhältnis zwischen Abstand a_{09} und dem Umfang U liegt zwischen 0,002 und 0,02, insbesondere zwischen 0,005 und 0,015. Das Verhältnis zwischen Schenkellänge l_{09} und dem Umfang U liegt zwischen 0,02 und 0,04, insbesondere zwischen 0,03 und 0,035.

Die gemäß Fig. 4 ausgeführte Überhöhung 09 als Zunge/Lippe/Lasche 09 ist bezüglich der Drehrichtung des Zylinders 01; 02 bzw. der Zylinder 01; 02 unsymmetrisch ausgeführt. In einer Richtung wirkt die Überhöhung 09 rampenförmig mit einem entsprechend geformten Kraftstoß, während in anderer Drehrichtung eine Stoß an einer unstetigen Sprungstelle induziert wird. Beide Formen zeigen den oben beschriebenen Effekt, wobei jedoch die Anregung mit Durchfahren der Rampe/ die Drehrichtung mit unstetiger Sprungstelle von größerem Vorteil ist.

Die Höhe h_{09} und/oder der Abstand a_{09} kann je nach Drehrichtung der Zylinder 01; 02 verschieden eingestellt werden. Hierzu kann einer weiter unten erläuterten Steuerung oder Regelung die Drehrichtung als eine den Maschinenzustand oder die Maschine

14

charakterisierende Größen g zugeführt werden.

Eine Überhöhung 09 entsprechend oder ähnlich der in Fig. 4 am Beispiel des Formzylinders 02 dargestellten Anordnung kann entweder zusätzlich, oder an Stelle des Formzylinders 02 am Übertragungszyylinder 01 angeordnet sein. In den folgenden Figuren 5 bis 7 sind verschiedene Varianten zur Integration einer Klemmvorrichtung für den Aufzug 07 bzw. dessen Enden 16; 17 dargestellt. Diese Anordnungen sind sowohl auf als Druckformen 07 auf dem Formzylinder 02 oder als Gummitücher 07 auf dem Übertragungszyylinder 01 ausgeführte Aufzüge 07 anwendbar. Im Fall von Gummitüchern 07 ist die Verwendung von Metalldrucktüchern 07 (elastisch verformbare Auflage auf einer Metallunterlage) vorteilhaft, da diese im Bereich ihrer Enden 16; 17 ähnlich denen von Druckformen 07 gestaltbar und im Kanal 08 klemmbar sind.

In Fig. 5 ist die Unterbrechung 13 als Öffnung 13 in der Weise ausgeführt, dass sie sehr schmal, kleiner oder gleich 3 mm, ausgeführt ist, wobei Aufzugenden lediglich eingehängt werden.

In Fig. 6 ist die Unterbrechung 13 als Öffnung 13 in der Weise ausgeführt, dass der Aktuator 11 gleichzeitig, entweder über einen Hebelmechanismus oder direkt auf ein oder zwei Aufzugenden einwirkt und diese klemmt.

In Fig. 7 ist die Unterbrechung 13 als Öffnung 13 in der Weise ausgeführt, dass beispielsweise das vorlaufende Aufzugende im wesentlichen durch die Formgebung der Kante gehalten, und das nachlaufende Ende durch den Aktuator 11 geklemmt wird.

Wie oben dargelegt, ist die Überhöhung 09 in ihrer Höhe h_{09} veränderbar ausgeführt. Im folgenden werden Ausführungsbeispiele für das Verfahren zur Steuerung bzw. Regelung und die hierzu erforderliche Vorrichtung dargelegt.

VL

In einem ersten Ausführungsbeispiel (Fig. 8) erfolgt die Verminderung anhand einer Steuerkette, welche einen untergeordneten Regelkreis beinhalten kann.

Als Führungsgröße der übergeordneten Steuerkette dient eine den Maschinenzustand, insbesondere die Abrollgeschwindigkeit v kennzeichnende Größe v , wie z. B. die Drehzahl oder die Winkelgeschwindigkeit. Diese Größe kann, z. B. mit anderen den Maschinenzustand oder die Maschine charakterisierenden Größen g , aus einer übergeordneten Maschinensteuerung entnommen oder aber auch in geeigneter Weise gemessen werden. Der Größe v wird nun in einer logischen Einheit 18 anhand eines hinterlegten Zusammenhanges (Tabellarisch, arithmetisch, etc.) ein Sollwert für die Stellgröße als Ausgangsgröße der logischen Einheit 18 zugewiesen. Die Stellgröße kann direkt eine gewünschte Höhe h_{09} der Überhöhung 09, ein Druck P , ein Weg S , eine Spannung U etc. sein. Entsprechend wird als Ausgangsgröße z. B. ein Sollwert $h_{09\text{soll}}$ für die Höhe h_{09} der Überhöhung 09, ein Sollwert P_{soll} für den Druck P einer hydraulischen Einheit, ein Sollwert S_{soll} für ein Weg- oder Positionssignal S eines Aktuators 11, oder ein Sollwert U_{soll} für das Spannungssignal U eines Aktuators 11 festgelegt. Dieser Sollwert $h_{09\text{soll}}$; P_{soll} ; S_{soll} ; U_{soll} dient einer untergeordneten Regelung 19 wiederum als Führungsgröße. Eine Regeleinrichtung 21 und insbesondere eine Regelstrecke 22 der Regelung 19 können nun in unterschiedlicher Weise, abgestimmt auf die Art des Aktuators 11 und die Eingangsgröße ausgeführt sein.

Als Logik ist in der logischen Einheit 18 ein funktionaler, insbesondere linearer, Zusammenhang zwischen der Abrollgeschwindigkeit v und der gewünschten Überhöhung 09 (bzw. einem entsprechenden Weg-, Druck-, Spannungssignal) hinterlegt (Fig. 9). Dieser (insbesondere linearisierte) Zusammenhang zwischen Abrollgeschwindigkeit v und dem Sollwert $h_{09\text{soll}}$; P_{soll} ; S_{soll} ; U_{soll} für die Höhe h_{09} der Überhöhung 09 bzw. den Druck P , den Weg S oder die Spannung U kann für unterschiedliche Zylindergeometrien und/oder für den Maschinenzustand oder die Maschine charakterisierenden Größen g mehrfach vorliegen und entsprechend ausgewählt werden (Fig. 9: A, B).

Für den Fall einer hydraulischen Einheit nach Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 bis 7 ist als Logik z. B. ein linearisierter Zusammenhang zwischen Abrollgeschwindigkeit v und dem Sollwert P_{soll} für den Druck P hinterlegt. Dieser Logik kann des weiteren ein bekannter Zusammenhang zwischen dem Druck P im Hohlkörper 11 und der resultierenden Höhe h_{09} der Überhöhung 09 zugrunde liegen. Durch die Regelung 19 wird nun über die als Ventil 22 ausgeführte Regelstrecke 22 der als Hohlkörper 11 ausgeführte Aktuator 11 mit dem entsprechenden Druck P beaufschlagt und ggf. aufrecht erhalten, wobei ein Istwert P_{ist} in den untergeordneten Regelkreis zurück geführt wird (entsprechendes gilt für vom Druck P verschiedene Stellgrößen S ; U ; h_{09}). Die Zunge/Lippe/Lasche 09 wird somit in Abhängigkeit von der Abrollgeschwindigkeit v entsprechend dem anliegenden Druck P_{ist} um die korrespondierende Höhe h_{09} angehoben und dort gehalten. Ändert sich die Abrollgeschwindigkeit v , so erfolgt eine erneute Festlegung und Einstellung des Druckes P (bzw. anderer Stellgrößen). Eine Überprüfung der Abrollgeschwindigkeit v muß nicht kontinuierlich erfolgen, sondern kann in diskreten Intervallen, z. B. jeweils nach einer bestimmten Anzahl von Zylinderumdrehungen, erfolgen. Dem untergeordneten Regelkreis ist in Weiterbildung auch ein Startwert P_{set} zuführbar, welcher beispielsweise in einer Anfahrphase oder extrem instationärer Bedingungen aus einer Maschinensteuerung oder manuell vorgebar ist.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel (Fig. 10) erfolgt die Verminderung anhand einer übergeordneten Regelung, welche wieder den oben beschriebenen Regelkreis der untergeordneten Regelung 19 beinhalten kann.

Im Unterschied zu Fig. 8 wird ein die Schwingung charakterisierender Wert $e(t)$ als Eingangsgröße in die logische Einheit 18 geführt. Der Wert $e(t)$ beinhaltet insbesondere einen Relativwert zwischen an den beiden Zylindern 01; 02 gemessenen Amplituden a_1 ; a_2 , welche auf eine Ebene durch Rotationsachsen der beiden Zylinder 01; 02 projiziert

werden. Im folgenden wird der Wert $e(t)$ daher auch als relative Amplitude $e(t)$ bezeichnet. Schwingen die beiden Zylinder 01; 02 gleichphasig in dieser Ebene mit der selben Amplitude, so würde sich hierbei ein Wert Null ergeben. Zusätzlich kann wie in Fig. 8 auch die Abrollgeschwindigkeit v und/oder andere den Maschinenzustand bzw. die Maschine charakterisierenden Größen g als Eingangsgröße zugeführt werden. Im weiteren Unterschied zu Fig. 8 weist die logische Einheit 18 einen Optimierungsalgorithmus auf, welcher anhand der Werte $e(t)$ die Ausgangsgröße $h_{09\text{SOLL}}$; P_{SOLL} in der Weise variiert, dass $e(t)$ minimiert wird.

Die Variation erfolgt in vorteilhafter Ausgestaltung entlang in der logischen Einheit 18 vorgehaltener Zusammenhänge, z. B. der Abhängigkeit der relativen Amplitude $e(t)$ von der Höhe h_{09} oder dem Druck P (Fig. 11). Für verschiedene Bereiche der Abrollgeschwindigkeit v (bzw. Drehzahl) kann eine Kurvenschar oder ein arithmetischer Zusammenhang vorgegeben sein. Bei bekannter Abrollgeschwindigkeit v (bzw. Drehzahl) erfolgt nun eine Variation entlang dem für diese Abrollgeschwindigkeit v (bzw. Drehzahl) vorgegebenen Zusammenhang. Auch hier muß eine Messung der Schwingung und eine daraus ggf. resultierende Variation nicht kontinuierlich erfolgen sondern ist regelmäßig nach endlichen Zeitintervallen oder nach einer bestimmten Anzahl von Zylinderumdrehungen durchzuführen.

Die Weiterverarbeitung des in der beschriebenen Weise in der logischen Einheit 18 erzeugten Sollwertes $h_{09\text{SOLL}}$; P_{SOLL} erfolgt entsprechend der zu Fig. 8 dargelegten Weise.

Fig. 12 zeigt ein Mehrwalzen- Insbesondere Vierwalzensystem, wobei der bereits beschriebene Übertragungszyylinder 01 nicht nur mit seinem Formzyylinder 02, sondern in Anstallage AN mit einem weiteren Zylinder 23 als Gegendruckzyylinder 23, hier einem zweiten Übertragungszyylinder 23, zusammenwirkt. Dem zweiten Übertragungszyylinder 23 ist ein Zylinder 24, z. B. ein zweiter Formzyylinder 24, zugeordnet, der in Anstallage AN mit diesem zusammen wirkt. Von den vier Zylindern 01; 02; 23; 24 weisen z. B. lediglich zwei,

15

Insbesondere die beiden Übertragungszyylinder 01; 23 einen Aktuator 11 und eine in ihrer Höhe h_{09} veränderbare Überhöhung 09 auf.

In Analogie zum Ausführungsbeispiel nach Fig. 10 werden vier Amplituden bzw. Schwingungsverläufe a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4 (entspricht Anzahl der Zylinder) an den beteiligten Zylindern 01; 02; 23; 24 ermittelt und hiermit eine der Anzahl von Nippstellen entsprechende Anzahl von relativen Amplituden $e_1(t)$; $e_2(t)$; $e_3(t)$ gebildet, welche als Eingangsgrößen der logischen Einheit 18 zugeführt werden. Dem Optimierungsalgorithmus liegt nun je Nippstelle jeweils ein Zusammenhang für den jeweiligen Durchgang der Überhöhung 09 bzw. der Unterbrechung 06 durch die Nippstelle vor. Wird einer der inneren Zylinder 01; 23, z. B. der Übertragungszyylinder 01 betrachtet, so erfolgt zu einem bestimmten Zeitpunkt der Durchgang an der Nippstelle zum Formzylinder 02 und zu einem anderen Zeitpunkt der Durchgang zum zweiten Übertragungszyylinder 23. Die Anforderung an die optimale Höhe h_{09} bzw. an den gewünschten Druck P_{soil} kann für die beide Durchgänge somit unterschiedlich sein. Diese Problematik kann nun vorteilhaft auf zwei unterschiedliche Weisen gelöst werden.

In einer ersten Ausführungsform wird eine Höhe $h_{09, \text{soil}, 1}$ bzw. ein Druck $P_{\text{soil}, 1}$ in der logischen Einheit 18 derart ermittelt, dass unter Beachtung der beiden, die relativen Amplituden $e_1(t)$ und $e_2(t)$ berücksichtigenden Abhängigkeiten ein Kompromiß gefunden wird, welcher die beiden relativen Amplituden $e_1(t)$ und $e_2(t)$ insgesamt minimiert. Das selbe gilt für die beiden anderen Zylinder 23; 24 unter Berücksichtigung der relativen Amplituden $e_3(t)$ und $e_2(t)$. Der Aktuator 11 wird dann für die vorliegende Abrollgeschwindigkeit v mit der diesem Kompromiß entsprechenden Höhe h_{09} bzw. mit dem entsprechenden Druck P beaufschlagt.

In einer zweiten Ausführungsform erfolgt eine phasenabhängige Variation der Optimierung für die Höhe h_{09} bzw. den Druck P_{soil} . Die Höhe h_{09} der Überhöhung 09 kann nun je Umdrehung des den Aktuator 11 aufweisenden Zylinders 01; 23 mindestens

zwei mal geändert werden und nimmt in diesem Fall jeweils zum Zeitpunkt des Durchgangs durch die eine oder die andere Nippstelle verschiedene Werte an. Die Höhe h_{09} wird dann je Umdrehung in Abhängigkeit von der Winkellage des den Aktuator 11 aufweisenden Zylinders 01; 23 verändert. Sind in Umfangsrichtung der bzw. des Zylinders 01; 02; 23; 24 mehr als eine Unterbrechung 06 und/oder Überhöhung 09 angeordnet, so vervielfacht sich die Anzahl der ggf. erforderlichen Änderungen bzw. die Anzahl der Werte für die Höhe h_{09} ggf. entsprechend.

Im Fall der vier Zylinder 01; 02; 23; 24 werden als Sollwerte $P_{soll,1}$; $P_{soll,2}$ zwei Drücke $P_{soll,1}$; $P_{soll,2}$ von der logischen Einheit 18 ausgegeben, welche jeweils in eine untergeordnete Regelung 19 für jeweils einen Aktuator 11 einer veränderbaren Überhöhung 09 geführt werden. Die beiden Überhöhungen 09 sind hierbei an den beiden Übertragungszylindern 01; 23 angeordnet.

Es können in Umfangsrichtung jeweils auch mehr als eine Überhöhung, z. B. zwei Überhöhungen 09 angeordnet sein. In diesem Fall kann je Überhöhung 09 des Zylinders 01; 02; 23; 24, aber auch für alle Überhöhungen 09 eines Zylinders 01; 23 eine gemeinsame untergeordnete Regelung 19 sowie ein gemeinsamer Sollwert P_{soll} vorliegen. Auch können alle Zylinder 01; 02; 23; 24 Überhöhungen 09 und/oder Unterbrechungen 06 aufweisen.

Wie oben dargelegt ist in einer vorteilhaften Ausführung auch der Abstand a_{09} (bzw. die Phasenlage) zwischen Unterbrechung 06 und Überhöhung 09 veränderbar ausgeführt.

Dies kann in einer Ausführungsform beispielsweise mechanisch erfolgen, indem eine wirksame Form der Überhöhung 09 oder aber deren absolute Lage verändert wird. Im ersten Fall kann z. B. eine die Überhöhung 09 aufweisende axial verlaufende Spindel eine entsprechende Formgebung auf ihrer Außenfläche derart aufweisen, dass bei verdrehen der Spindel durch einen nicht dargestellten Aktuator ein anderer Bereich der Außenfläche

als Überhöhung 09 wirksam wird. Im zweiten Fall können beispielsweise in Ausnehmungen auf der Mantelfläche des Grundkörpers des Zylinders 01; 02 kammartig angeordnete Finger durch einen nicht dargestellten Aktuator in Umfangsrichtung bewegt werden.

In einer anderen Ausführung sind die beiden zusammen wirkenden Zylinder 01; 02; 23; 24 in ihrer Drehwinkellage zueinander veränderbar ausgeführt. Die Änderung der relativen Drehwinkellage bewirkt für den Fall, dass Unterbrechung 06 und zugeordnete Überhöhung 09 auf unterschiedlichen Zylindern 01; 02; 23; 24 angeordnet sind, die Änderung des Abstandes a_{09} . Dies kann z. B. derart realisiert sein, dass die beiden Zylinder 01; 02; 23; 24 mittels verschiedener Antriebsmotoren mechanisch unabhängig voneinander rotatorisch angetrieben sind. In diesem Fall erhält einer der i. d. R. elektronisch synchronisierten Antriebsmotoren für die Änderung des Abstandes a_{09} einen Offset in seiner Sollwinkellage aufgeprägt. Die Änderung der relativen Drehwinkellage kann jedoch auch mit herkömmlichen mechanischen Vorrichtungen, wie sie beispielsweise zur Einstellung der Lage in Umfangsrichtung üblich sind, durchgeführt werden.

Die Steuerung bzw. Regelung des Abstandes a_{09} kann in entsprechender Weise, wie zu den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 8 bis 12 erläutert, erfolgen. Wie zur Höhe h_{09} dargelegt, können dann entsprechende Zusammenhänge zwischen der Abrollgeschwindigkeit v und dem Abstand a_{09} , bzw. Optimierungsalgorithmen zur Erzeugung einer Variation im Abstand a_{09} in Abhängigkeit von der relativen Amplitude $e(t)$ und ggf. von der Abrollgeschwindigkeit v hinterlegt sein.

48

Bezugszeichenliste

- 01 rotierendes Bauteil, Zylinder, Übertragungszyylinder
- 02 rotierendes Bauteil, Zylinder, Formzylinder
- 03 Mantelfläche
- 04 Mantelfläche
- 05 -
- 06 Unterbrechung,
- 07 Aufzug, Gummifuch, Metalldrucktuch, Druckform
- 08 Kanal
- 09 Überhöhung, Zunge/Lippe/Lasche
- 10 -
- 11 Mittel zur Veränderung der Höhe, Stellmittel, Aktuator, Hohlkörper
- 12 Kanal
- 13 Schnitt, Öffnung
- 14 Fläche
- 15 -
- 16 Ende (07)
- 17 Ende (07)
- 18 logische Einheit
- 19 Regelung
- 20 -
- 21 Regeleinrichtung
- 22 Regelstrecke, Ventil
- 23 Zylinder, Gegendruckzylinder, Übertragungszyylinder
- 24 Zylinder, Formzylinder

- a09 Abstand
- a1 Amplitude, Schwingungsverlauf

a2 Amplitude, Schwingungsverlauf
a3 Amplitude, Schwingungsverlauf
a4 Amplitude, Schwingungsverlauf
e(t) Wert, relative Amplitude
e1(t) Wert, relative Amplitude
e2(t) Wert, relative Amplitude
e3(t) Wert, relative Amplitude
h09 Höhe
h09_{soll} Sollwert
l09 effektive Schenkellänge
g Größe
P Druck
P_{IST} Istwert
P_{SOLL} Sollwert
S Weg
S_{SOLL} Sollwert
U Spannung
U_{SOLL} Sollwert
v Größe, Abrollgeschwindigkeit

Ansprüche

1. Verfahren zur Verminderung von Schwingungen von zumindest zwei aufeinander abrollenden rotierenden Bauteilen (01; 02; 23; 24) mit mindestens einer aus einer im wesentlichen kreisförmigen Kontur einer wirksamen Mantelfläche (03; 04) herausragenden Überhöhung (09) auf wenigstens einem der rotierenden Bauteile (01; 02; 23; 24), dadurch gekennzeichnet, dass eine Höhe (h_{09}) der Überhöhung (09) in radialer Richtung und/oder eine relative Lage der Überhöhung (09) in Umfangsrichtung in Abhängigkeit von einem Maschinenzustand und/oder die Schwingung charakterisierenden Größen (v ; g ; a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4 ; $e(t)$) verändert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (h_{09}) und/oder die relative Lage der Überhöhung (09) in Abhängigkeit von einer Abrollgeschwindigkeit (v) gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (h_{09}) und/oder die relative Lage der Überhöhung (09) in Abhängigkeit von einer zumindest an einem der Bauteile (01; 02; 23; 24) ermittelten Amplitude (a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4) geregelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Veränderung der relativen Lage der Überhöhung (09) in Umfangsrichtung bezüglich eines effektiven Abstandes (a_{09}) zu einer Unterbrechung (06) auf einer wirksamen Mantelfläche (03; 04) wenigstens eines der Bauteile (01; 02; 23; 24) erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuern bzw. Regeln anhand eines in einer logischen Einheit (18) vorgehaltenen Zusammenhangs erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusammenhang

durch eine Abhängigkeit zwischen einem Sollwert (s) für den Betriebspunkt eines Aktors (11) und der Abrollgeschwindigkeit (v) gebildet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 3 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sollwert (h_{09soll} ; P_{soll} ; S_{soll} ; U_{soll}) für den Betriebspunkt eines Aktuators (11) anhand eines vorgehaltenen Zusammenhangs zwischen einer relativen Amplitude ($e(t)$) der beiden Bauteile (01; 02; 23; 24) und einer Stellgröße (h_{09} ; P ; S ; U) zur Betätigung des Aktuators (11) variiert wird.
8. Vorrichtung zur Verminderung von Schwingungen von zumindest zwei aufeinander abrollenden rotierenden Bauteilen (01; 02; 23; 24) mit mindestens einer aus einer im wesentlichen kreisförmigen Kontur einer wirksamen Mantelfläche (03; 04) herausragenden Überhöhung (09) auf wenigstens einem der rotierenden Bauteile (01; 02; 23; 24), dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel (11) vorgesehen ist, durch welches eine Höhe (h_{09}) der Überhöhung (09) in radialer Richtung und/oder eine relative Lage der Überhöhung (09) in Umfangsrichtung veränderbar ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerkette mit einer logischen Einheit (18) vorgesehen ist, durch welche die Höhe (h_{09}) der Überhöhung (09) und/oder ein bezüglich eines Abrollens definierter Abstand (a_{09}) zwischen der Überhöhung (09) und einer Unterbrechung (06) auf einer Mantelfläche (03; 04) einer der beiden Bauteile (01; 02; 23; 24) in Abhängigkeit von einer einen Maschinenzustand charakterisierenden Größen (v ; g) gesteuert ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Regelung mit einer logischen Einheit (18) vorgesehen ist, durch welche die Höhe (h_{09}) der Überhöhung (09) und/oder ein bezüglich eines Abrollens definierter Abstand (a_{09}) zwischen der Überhöhung (09) und einer Unterbrechung (06) auf einer Mantelfläche (03; 04) einer der beiden Bauteile (01; 02; 23; 24) in Abhängigkeit von einer die Schwingung

charakterisierenden Größen (a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4 ; $e(t)$) geregelt ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Überhöhung (09) in der Art einer Zunge/Lippe/Lasche (09) im Bereich der Mantelfläche eines Grundkörpers des Bauteils (01; 02; 23; 24) ausgeführt ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Zunge/Lippe/Lasche (09) in axialer Richtung über im wesentlichen die gesamte Länge (l01; l02) eines Ballens des Bauteils (01; 02; 03; 04) erstreckt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis zwischen einer Schenkellänge (l09) der Zunge/Lippe/Lasche (09) und einem Umfang (U) des Bauteils (01; 02; 23; 24) zwischen 0,02 und 0,04 liegt.
14. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis zwischen dem Abstrand (a_{09}) und einem Umfang (U) des Bauteils (01; 02; 23; 24) zwischen 0,002 und 0,02 liegt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das die Höhe (h_{09}) verändernde Mittel (11) als fernbetätigbarer Aktuator (11) ausgeführt ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (11) als mit Druckmittel angetriebener Aktuator (11) ausgeführt ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (11) als reversibel verformbarer Hohlkörper (11) ausgeführt ist, welcher in einem axial im Bauteil (01; 02; 23; 24) verlaufenden Kanal (12) unter der Zunge/Lippe/Lasche (09) angeordnet ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass lediglich einer der beiden zusammen wirkenden Bauteile (01; 02; 23; 24) die mindestens eine Überhöhung (09) aufweist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass lediglich einer der beiden zusammen wirkenden Bauteile (01; 02; 23; 24) die mindestens eine Unterbrechung (06) aufweist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der beiden zusammen wirkenden Bauteile (01; 02; 23; 24) eine Unterbrechung (06) sowie eine Überhöhung (09) aufweist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass beide Bauteile (01; 02; 23; 24) jeweils zumindest eine Unterbrechung (06) aufweisen.
22. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass beide Bauteile (01; 02; 23; 24) jeweils zumindest eine Überhöhung (09) aufweisen.
23. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwei von vier jeweils paarweise zusammen wirkenden Bauteilen (01; 02; 23; 24) eine veränderbare Überhöhung (09) aufweisen.
24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das die Überhöhung (09) aufweisende Bauteil (01; 23) als Übertragungszyylinder (01; 23) eines Druckwerkes einer Rotationsdruckmaschine ausgeführt ist.
25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das die Überhöhung (09) aufweisende Bauteil (02; 24) als

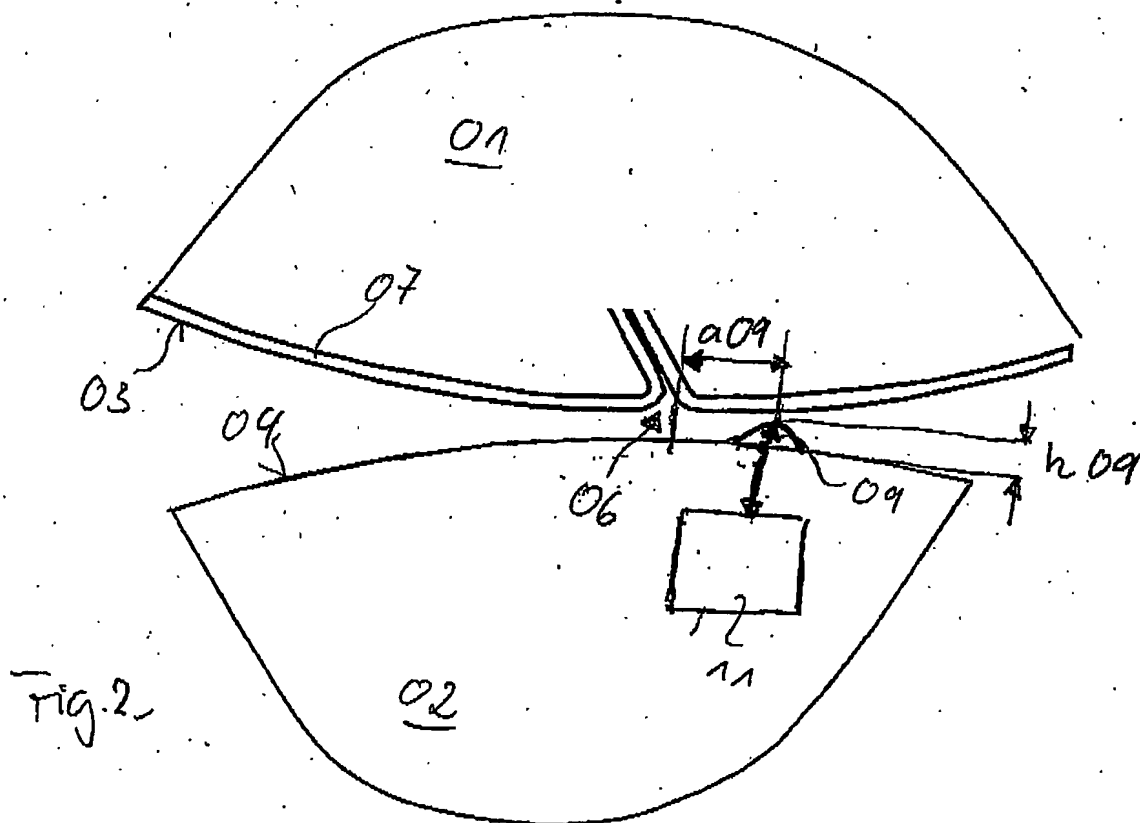
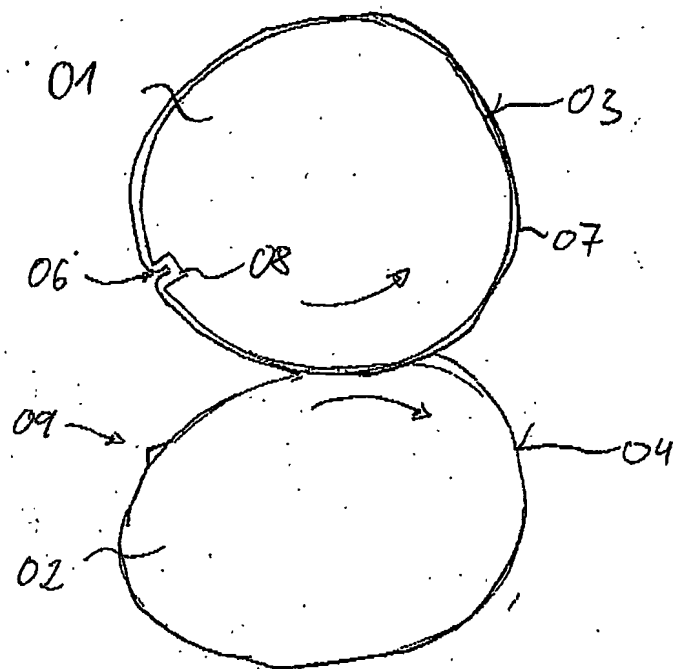
Formzylinder (02; 24) eines Druckwerkes einer Rotationsdruckmaschine ausgeführt ist.

26. Rotierendes schwingungsgedämpftes Bauteil mit mindestens einer aus einer im wesentlichen kreisförmigen Kontur einer wirksamen Mantelfläche (03; 04) herausragenden Überhöhung (09), dadurch gekennzeichnet, dass eine Höhe (h09) der Überhöhung (09) in radialer Richtung und/oder eine relative Lage der Überhöhung (09) in Umfangsrichtung veränderbar ausgeführt ist.
27. Bauteil nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerkette mit einer logischen Einheit (18) vorgesehen ist, durch welche die Höhe (h09) der Überhöhung (09) und/oder eine relative Lage der Überhöhung (09) in Umfangsrichtung in Abhängigkeit von einem Maschinenzustand charakterisierenden Größen (v; g) gesteuert ist.
28. Bauteil nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine Regelung mit einer logischen Einheit (18) vorgesehen ist, durch welche die Höhe (h09) der Überhöhung (09) und/oder eine relative Lage der Überhöhung (09) in Umfangsrichtung in Abhängigkeit von einer die Schwingung charakterisierenden Größen (a1; a2; a3; a4; e(t)) geregelt ist.
29. Bauteil nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Überhöhung (09) in der Art einer Zunge/Lippe/Lasche (09) im Bereich der Mantelfläche eines Grundkörpers des Bauteils (01; 02; 23; 24) ausgeführt ist.
30. Bauteil nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Zunge/Lippe/Lasche (09) in axialer Richtung über im wesentlichen die gesamte Länge (l01; l02) eines Ballens des Bauteils (01; 02; 03; 04) erstreckt.

31. Bauteil nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis zwischen einer Schenkellänge (l09) der Zunge/Lippe/Lasche (09) und einem Umfang (U) des Bauteils (01; 02; 23; 24) zwischen 0,02 und 0,04 liegt.
32. Bauteil nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass das die Höhe (h09) verändernde Mittel (11) als fernbetätigbarer Aktuator (11) ausgeführt ist.
33. Bauteil nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (11) als mit Druckmittel angetriebener Aktuator (11) ausgeführt ist.
34. Bauteil nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (11) als reversibel verformbarer Hohlkörper (11) ausgeführt ist, welcher in einem axial im Bauteil (01; 02; 23; 24) verlaufenden Kanal (12) unter der Zunge/Lippe/Lasche (09) angeordnet ist.
35. Bauteil nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteile (01; 02; 23; 24) eine Unterbrechung (06) auf seiner wirksamen Mantelfläche (03; 04) aufweist.
36. Bauteil nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis von einem bezüglich eines Abrollens definierter Abstandes (a09) zwischen der Überhöhung (09) und der Unterbrechung (06) zu einem Umfang (U) des Bauteils (01; 02; 23; 24) zwischen 0,002 und 0,02 liegt.

Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Verminderung von Schwingungen von zumindest zwei aufeinander abrollenden rotierenden Bauteilen mit mindestens einer aus einer im wesentlichen kreisförmigen Kontur einer wirksamen Mantelfläche (03; 04) herausragenden Überhöhung (09) auf wenigstens einem der rotierenden Bauteile wird eine Höhe (h_{09}) der Überhöhung (09) in radialer Richtung und/oder eine relative Lage der Überhöhung (09) in Umfangsrichtung in Abhängigkeit von einem Maschinenzustand und/oder die Schwingung charakterisierenden Größen (v ; g ; a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4 ; $e(t)$) verändert.



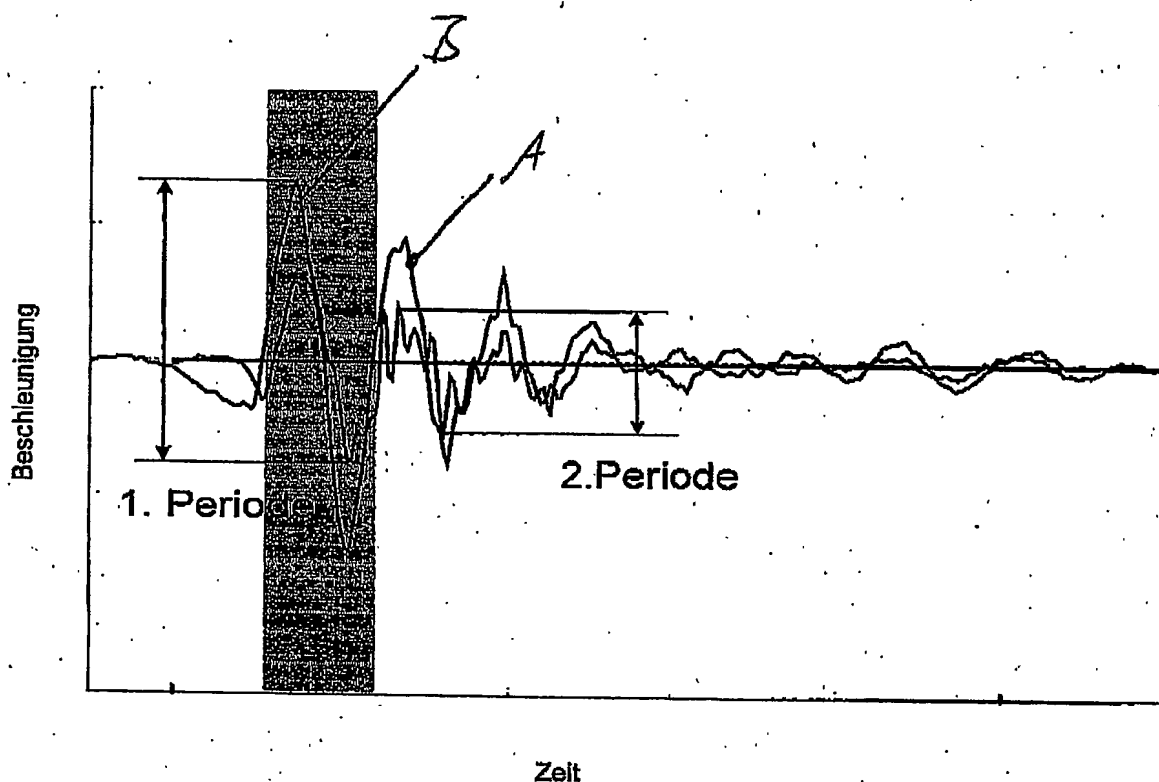


Fig. 3

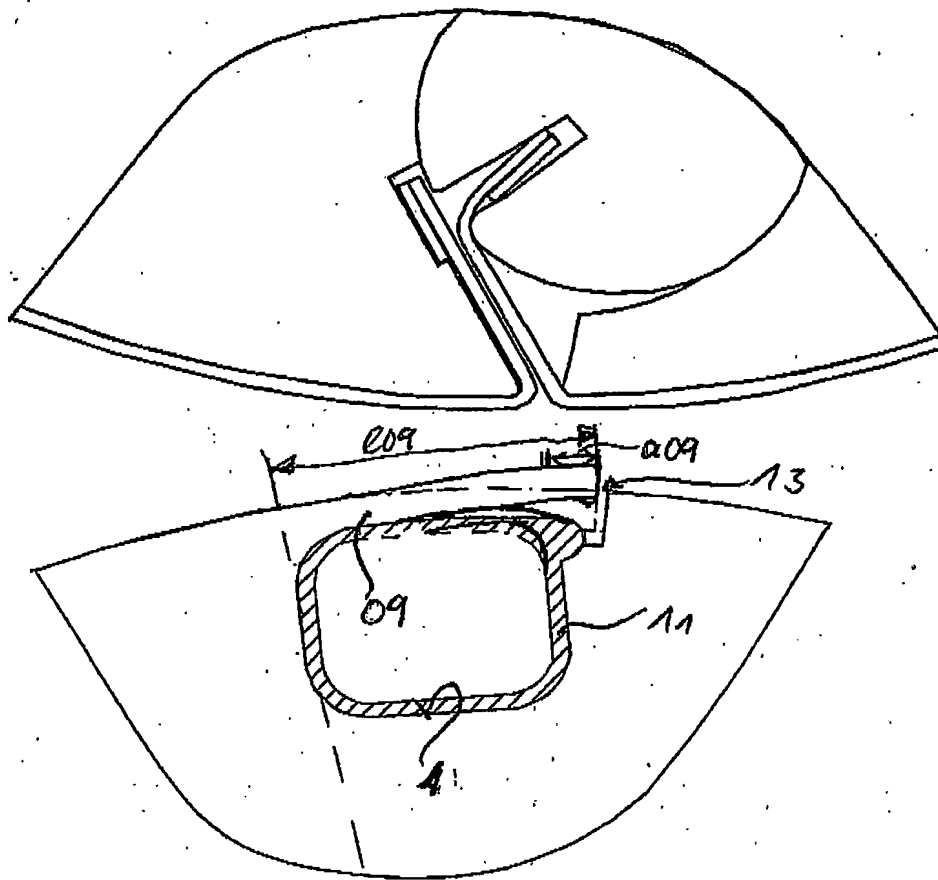


Fig. 4

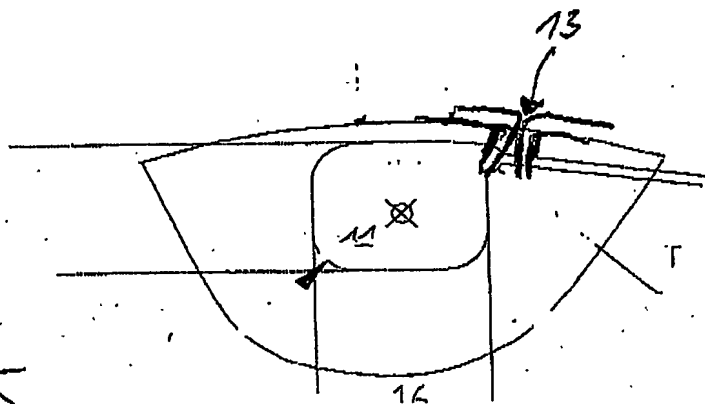


Fig. 5

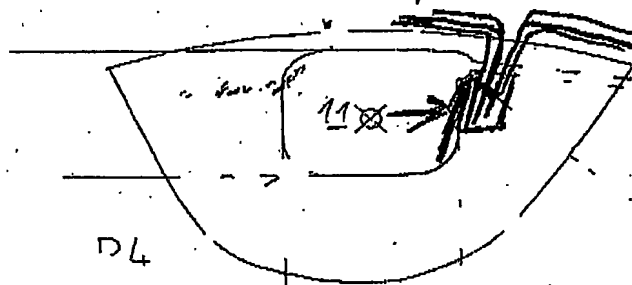


Fig. 6

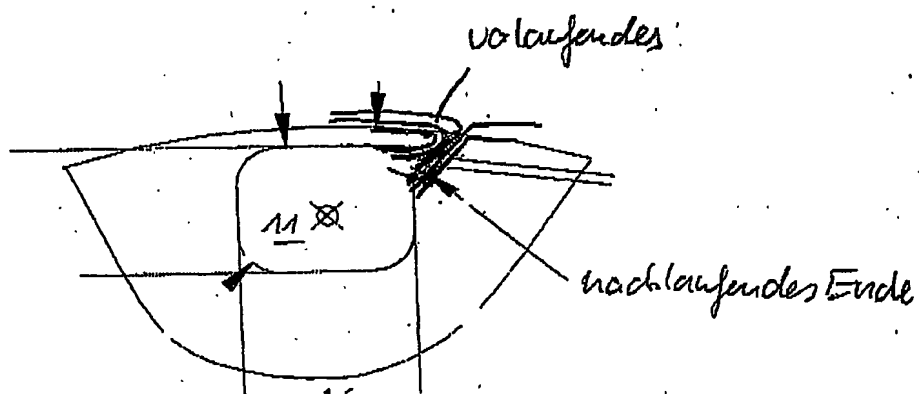
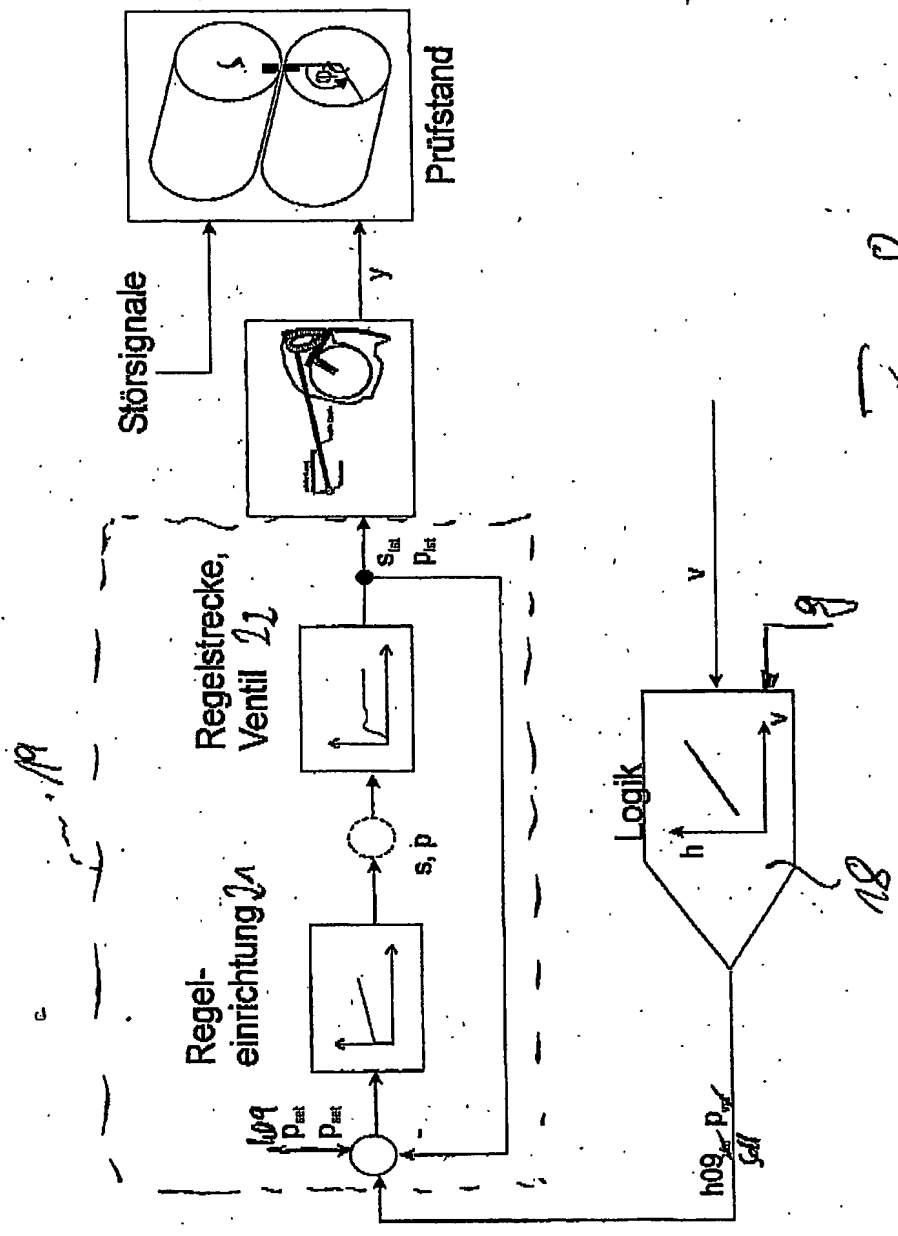


Fig. 7



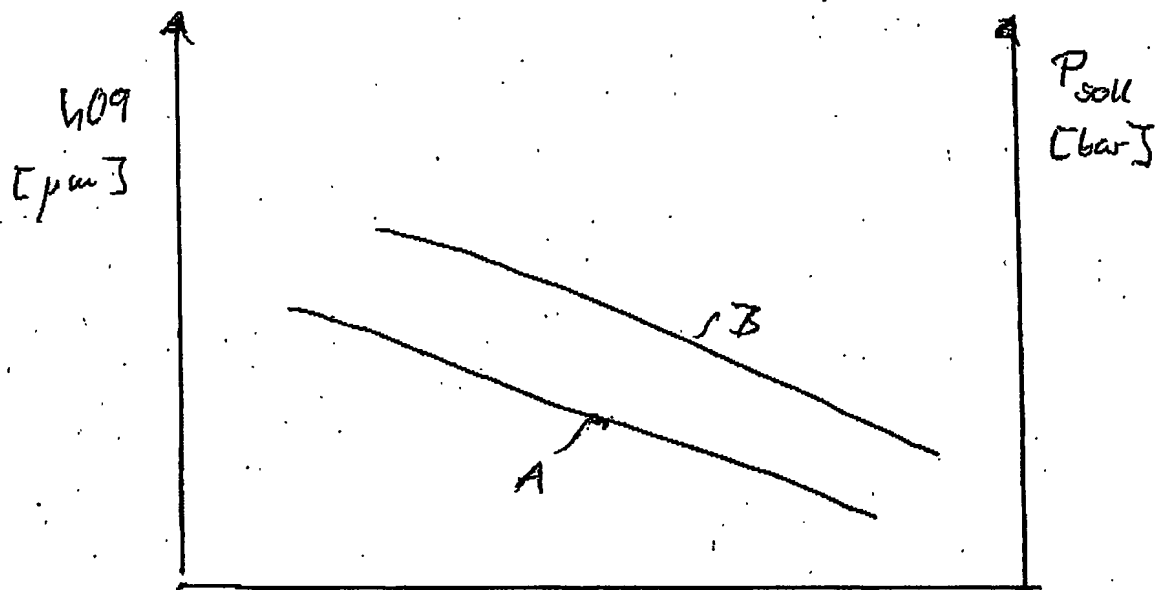


Fig. 9

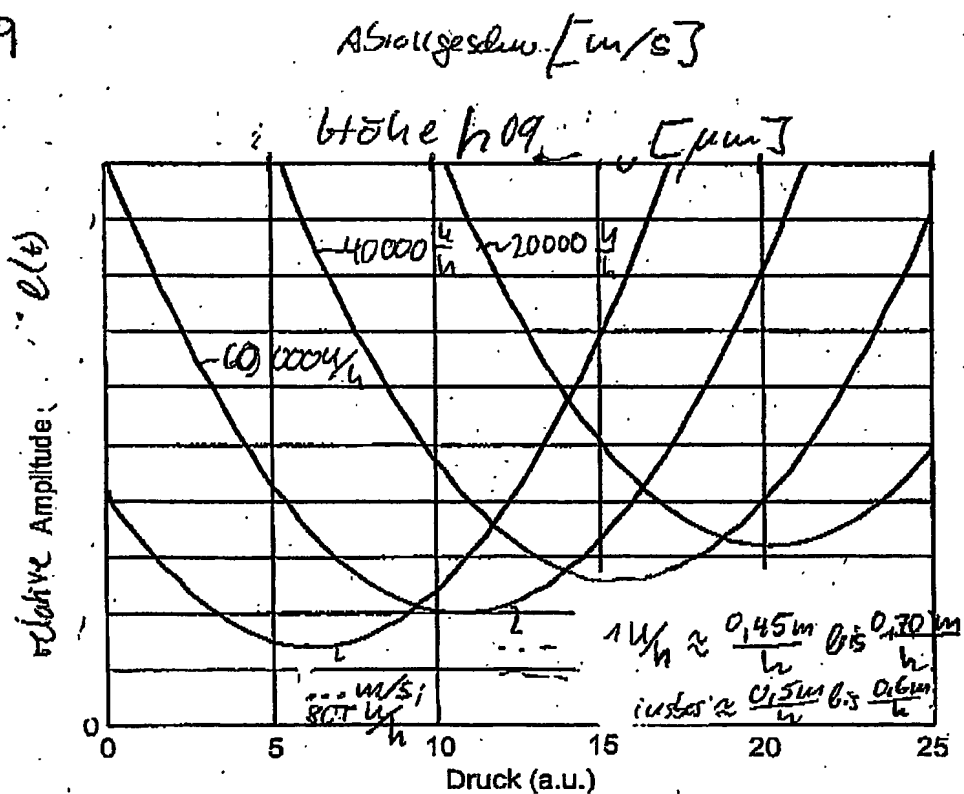


Fig. 11

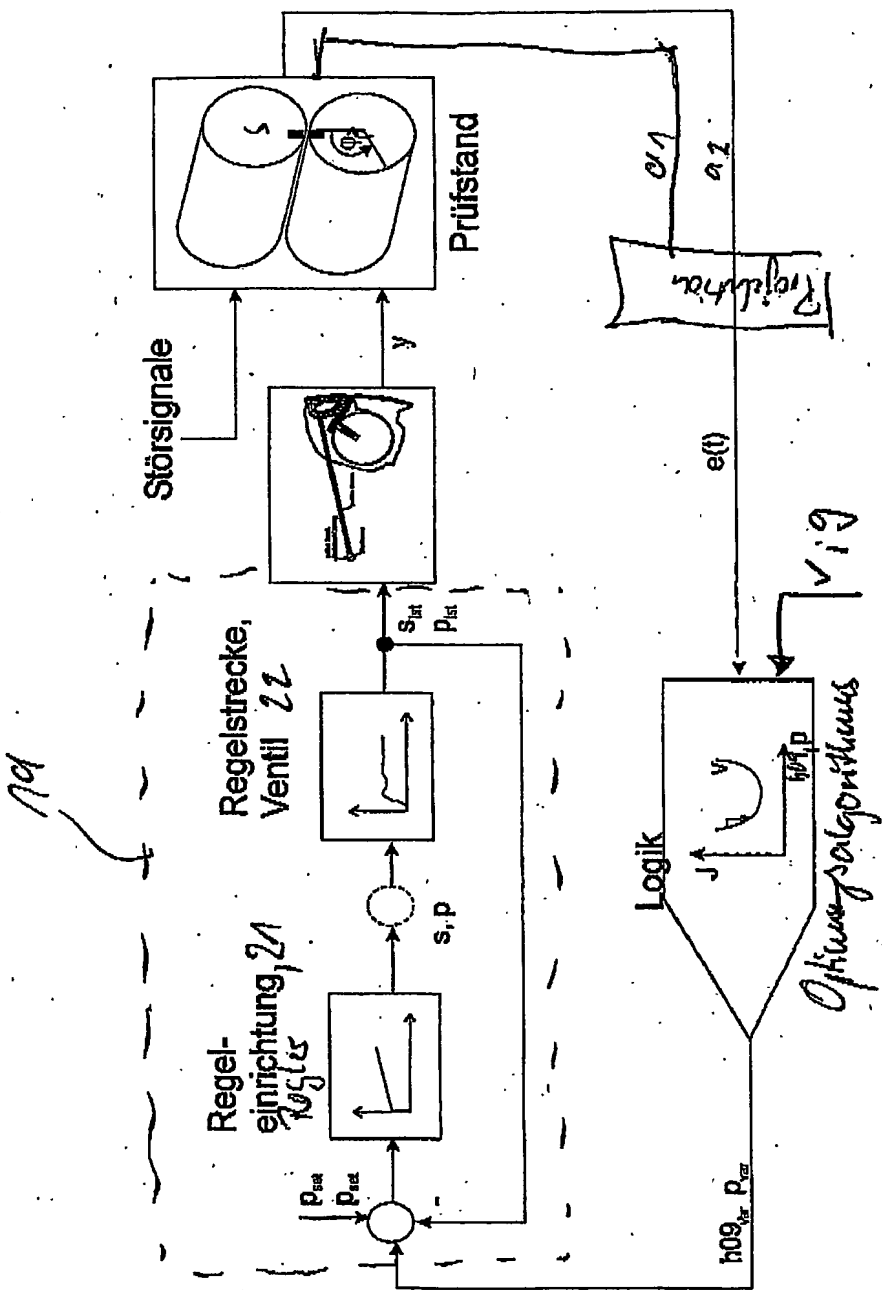


Fig. 10

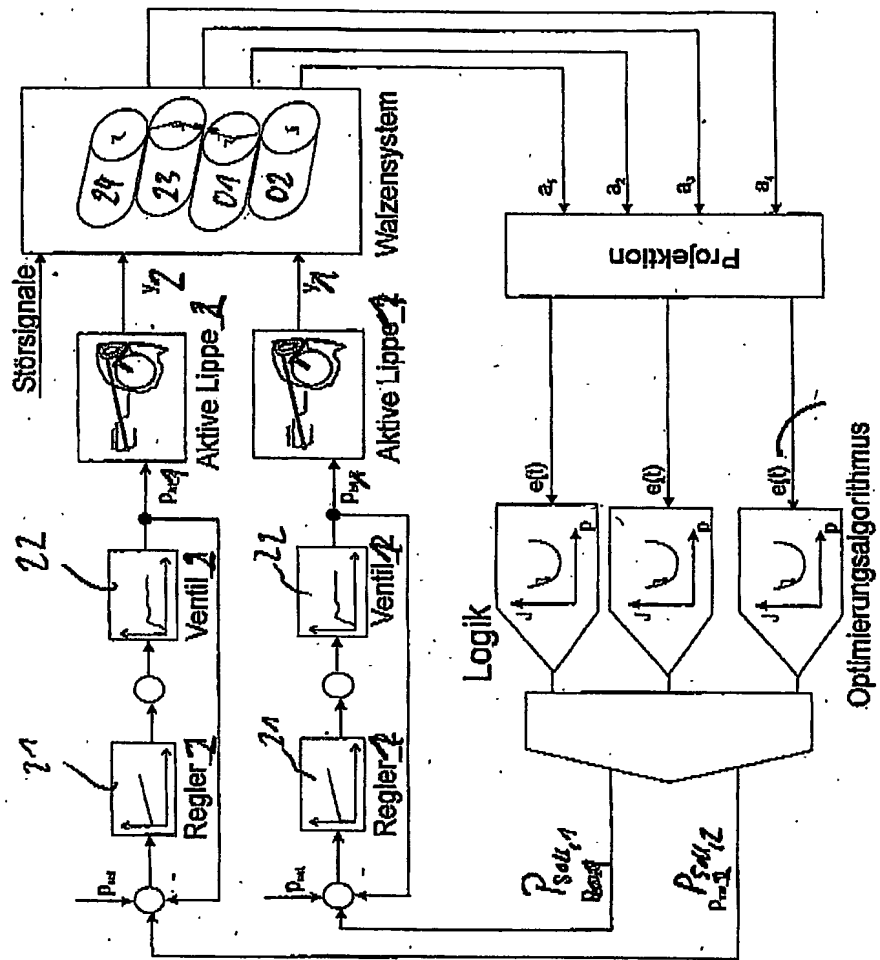


Fig. 12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.